

Ajuntament



de Palma

MEMORIA RESUMEN

MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO

2ª Fase

Mapas sonoros y
población expuesta al
ruido

2015

Ref.: 15LEA1856F0/0



GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN
INSTRUMENTACIÓN Y
ACÚSTICA APLICADA
POLITÉCNICA

DIRECCIÓN

Manuel Recuero López

COORDINACIÓN

César Asensio Rivera

Ignacio Pavón García

EQUIPO TÉCNICO

José Trujillo Gallego

Sara García González

Pablo Méndez Fernández

MARZO 2015

1	INTRODUCCIÓN	3
2	DESCRIPCIÓN DE LA AGLOMERACIÓN	4
2.1	Término municipal	4
2.2	Área de estudio	5
2.3	División administrativa	6
2.4	Población.....	8
2.5	Focos de ruido	8
3	AUTORIDAD RESPONSABLE.....	12
4	LUCHA CONTRA EL RUIDO EN PALMA	13
5	EJECUCIÓN DEL MAPA DE RUIDO.....	14
5.1	Elaboración de los mapas estratégicos de ruido	15
6	DIAGNÓSIS	18
6.1	Indicadores	18
6.2	Mapas de niveles sonoros	18
6.3	Análisis de los Mapas de ruido	19
6.4	Población expuesta al ruido	23
6.5	Centros sensibles a la contaminación acústica	26
7	CONCLUSIONES	27

1 INTRODUCCIÓN

El ruido ha sido un problema desde épocas inmemoriales. Actualmente, el desarrollo industrial, así como la creciente demanda de transporte y ocio, contribuyen a una potenciación del problema en una sociedad en la que los aspectos sanitarios y de protección medioambiental cada vez tienen mayor importancia.

En los años 90, la OMS puso el foco en los problemas derivados de la contaminación acústica con diversas publicaciones que analizaban el estado del arte en referencia a los efectos del ruido sobre la salud, y establecían una serie de parámetros y recomendaciones para una gestión adecuada del ruido comunitario. Estas publicaciones contribuyeron a acrecentar la preocupación por aspectos relacionados con el ruido ambiental, especialmente en Europa. La evaluación del impacto ambiental de las industrias y de las infraestructuras del transporte empezaron a incorporar aspectos relacionados con el ruido, y la gestión del ruido empezó a ganar importancia desde las fases iniciales del diseño de los planes urbanísticos. Se creó nueva legislación, y las principales ciudades asumieron la necesidad de realizar mapas de ruido como una herramienta fundamental para la gestión del problema.

En 2002, la Unión Europea avanzó un nuevo paso con la aprobación de la Directiva Europea 49/2002 del Ruido, que establecía las bases para la gestión del ruido en los distintos Estados Miembros y fijaba la necesidad de elaboración de mapas estratégicos de ruido como la principal herramienta en la lucha contra el ruido ambiental. Esta Directiva pretendía uniformizar criterios y establecer las directrices generales para la realización de los mapas de ruido, incluyendo un calendario para su elaboración y presentación.

En la lucha contra la contaminación acústica, a menudo resulta difícil adoptar acciones que puedan tener efectos positivos en el corto plazo, dado que las administraciones deben conjugar criterios acústicos junto a muchos otros (industria, transporte y movilidad, creación de empleo, crecimiento económico, necesidad de ocio...). Por eso, resulta necesario adoptar políticas estratégicas que consigan involucrar a los diferentes agentes en dicha lucha, de manera que este contaminante no siga siendo considerado como un mal menor, y sea ponderado con la misma importancia que el resto de factores socioeconómicos y ambientales.

El objetivo es crear una tendencia que permita reducir los niveles de ruido ambiental en el largo plazo, involucrando para ello a los distintos niveles de la administración. En este objetivo a largo plazo, los mapas estratégicos de ruido juegan un papel fundamental, ya que son una herramienta de diagnóstico que permiten alertar a las autoridades competentes, informar al público y concienciar sobre el problema, de cara a la definición de Planes de Acción orientados a reducir la contaminación acústica y sus efectos.

Encuadrado en la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, así como en la Ley 37/2003 del Ruido, el objetivo de este documento es el de presentar el Mapa Estratégico de Ruido, que permite realizar un diagnóstico de la situación acústica actual existente en el término municipal de Palma de Mallorca, como paso previo a la elaboración de un Plan de Acción orientado a la reducción de los niveles sonoros y la mejora de la calidad de vida, la calidad ambiental y la salud de los residentes en la ciudad.

Atendiendo de forma específica a la problemática existente en la ciudad, y a los requerimientos de la Directiva 2002/49, este estudio permite realizar una evaluación por separado del ruido producido por el tráfico rodado y del tráfico ferroviario existente en la ciudad, y aborda los siguientes contenidos:

- Diagnóstico del ruido, mediante una cartografía de los niveles sonoros que provoca el ruido de tráfico rodado y el ruido del tráfico ferroviario, así como un análisis conjunto de ambas fuentes.
- Análisis de población expuesta al ruido, obtenida a partir del cartografiado de los niveles sonoros en los edificios.
- Comparación de la situación actual (2014), con la recogida en el anterior Mapa Estratégico de Ruido ejecutado en el municipio en 2008.

Queda excluido de este estudio el impacto sonoro generado por las actividades portuarias y aeroportuarias, ya que estas fuentes son evaluadas de manera independiente por las entidades competentes en la gestión de dichas infraestructuras.

2 DESCRIPCIÓN DE LA AGLOMERACIÓN

2.1 TÉRMINO MUNICIPAL

Palma de Mallorca es la capital de la Isla de Mallorca y de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, situada entre los paralelos 38º y 41º Norte, y entre los meridianos 1º y 5º al este del meridiano de Greenwich. Se encuentra ubicada al suroeste de la isla de Mallorca y es la mayor ciudad del archipiélago, con 425.726 habitantes (a fecha 1 de enero de 2014, año evaluado en este Mapa estratégico de ruido).



FIGURA 1. ISLA DE MALLORCA

Su término municipal ocupa una extensión de 213,6 km² que se extienden entre la Sierra de Na Burguesa y el Prat de Sant Jordi. La ciudad está situada en el centro de la bahía de Palma, a unos 13 metros de altura sobre el nivel del mar. Además de con el mar, el término municipal limita con los municipios de Calviá, Puigpuñent, Esporlas, Valldemosa, Buñola, Marratxí, Santa Eugenia, Algaida y Lluchmayor.

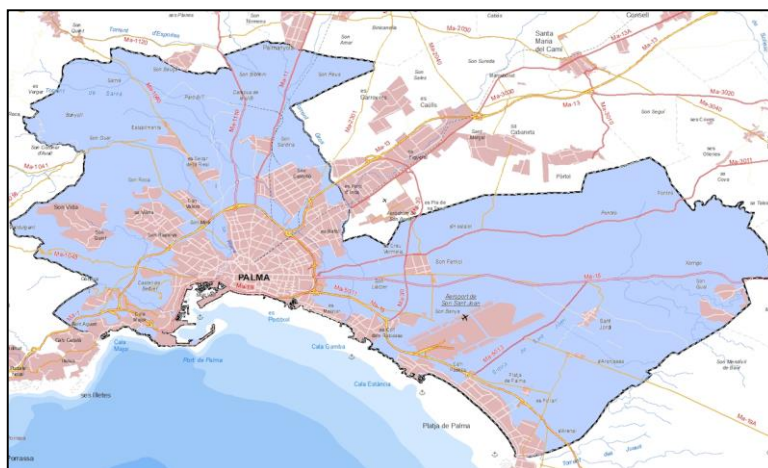


FIGURA 2. MAPA DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA

2.2 ÁREA DE ESTUDIO

Tras el análisis efectuado, y tomando como referencia el área de estudio utilizado para la realización de la primera fase de Mapa Estratégico de Ruido (2008), se propuso y acordó con el Ayuntamiento el ámbito de estudio, centrándolo en las zonas habitadas, y excluyendo aquellas zonas que, perteneciendo al término municipal, no presentan densidades de población importantes, o las que debido a los usos del suelo asentados, no resultan especialmente sensibles al ruido.

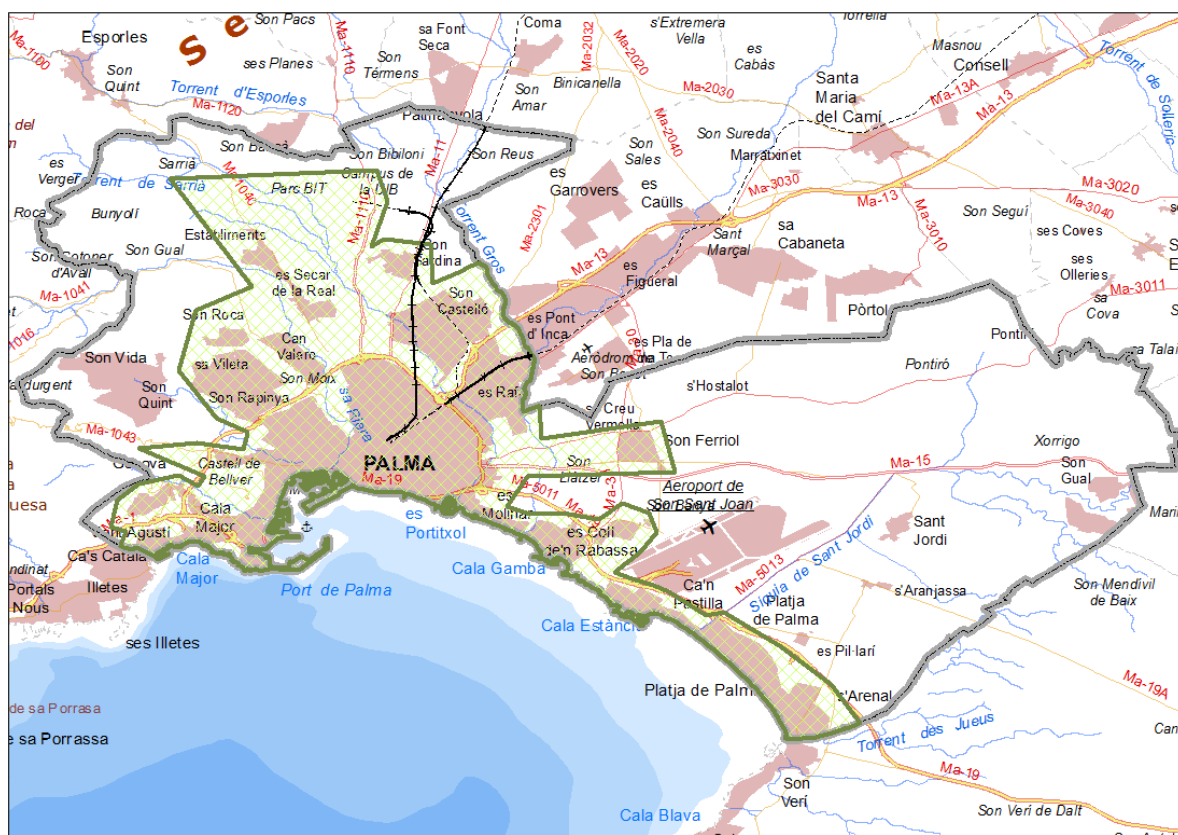


FIGURA 3. ÁREA DE ESTUDIO

2.3 DIVISIÓ ADMINISTRATIVA

El municipio de Palma de Mallorca y su división por distritos se rige por el Reglamento orgánico de Distritos de Palma de Mallorca, que fue acordado por su ayuntamiento durante el pleno del 25 de noviembre de 2004.

La ciudad se encuentra dividida, administrativamente, en cinco distritos y nueve sectores, que a su vez se subdividen en un total de 88 barrios.

En la Figura 4 se muestra la localización de los distritos y barrios que componen Palma.

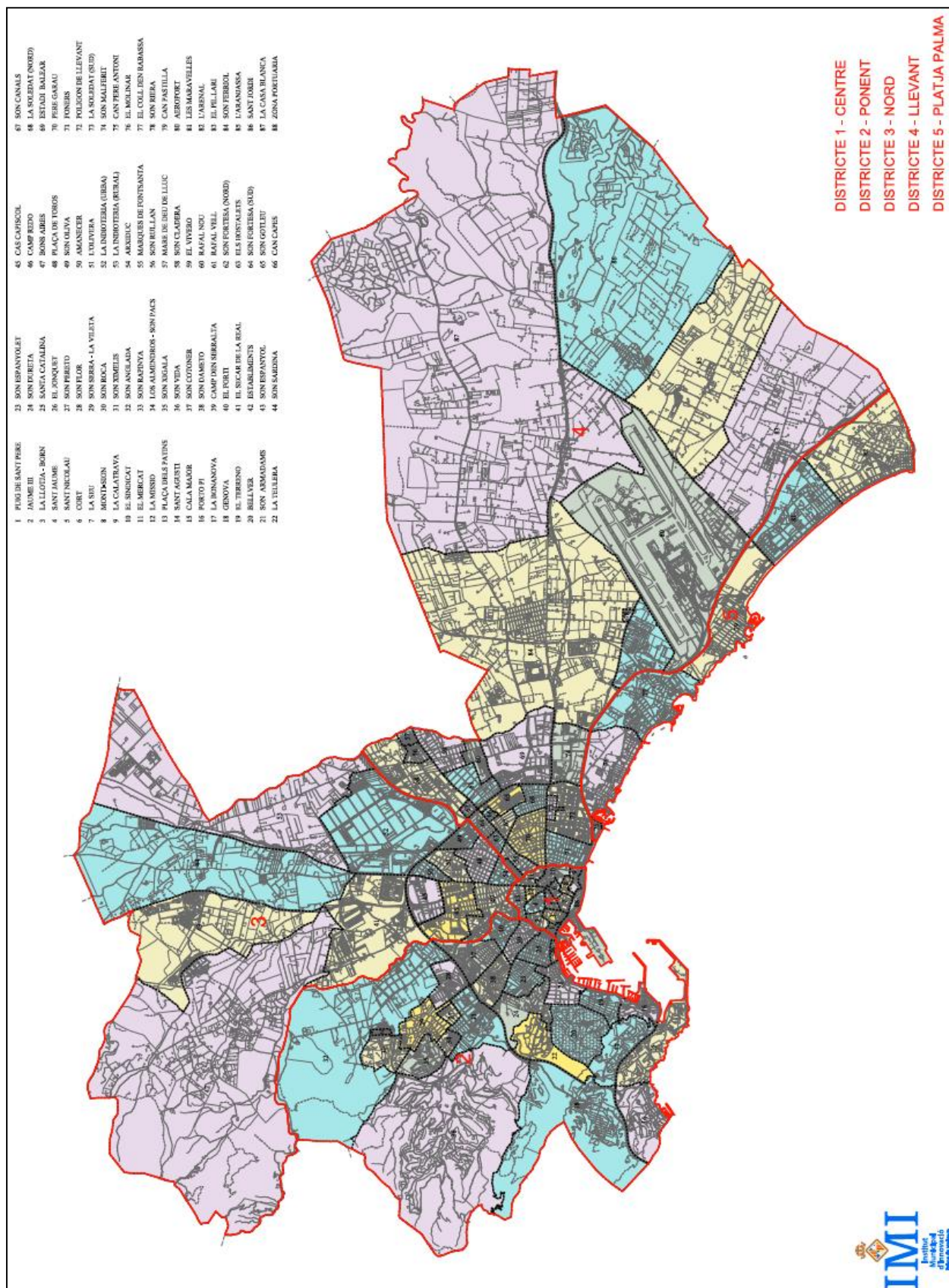


FIGURA 4 BARRIOS Y DISTRITOS DE PALMA

2.4 POBLACIÓN¹

En la ciudad de Palma, según datos del Padrón Municipal de 2014, constan censados 425.726 habitantes, más de un 20% que en el año 2001. El principal incremento de la población se produjo entre 2001 y 2008, estabilizándose a partir de esta fecha.

A diferencia de lo que sucede en otras ciudades españolas, el centro histórico del Palma ("Centre Ciutat") no ha perdido población en estos años, sino que la población se ha visto incrementada por encima de un 6% entre 2001 y 2014. Por otra parte, el incremento de población en el exterior de la Vía Cintura ha sido muy notable, lo que unido al crecimiento de las poblaciones vecinas ha propiciado un fuerte incremento, tanto en el número de desplazamientos en la Ciudad, como en la longitud de los mismos.

La Figura 5 muestra la evolución de la Población en Mallorca según diferentes anillos centrados en el centro de la ciudad.

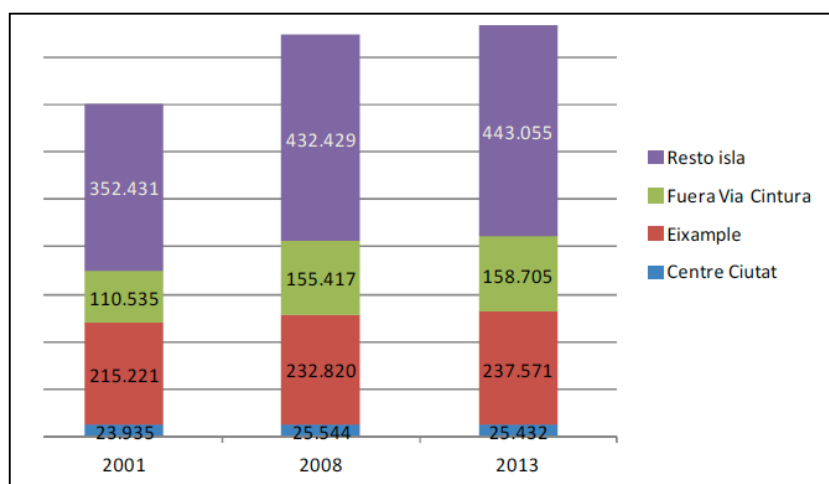


FIGURA 5 EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN MALLORCA POR ANILLOS²

2.5 FOCOS DE RUIDO

Entre los principales focos sonoros que contempla la Directiva 2002/49, y ante la ausencia de zonas industriales de relevancia en el término municipal de Palma, son las infraestructuras del transporte las principales fuentes de ruido que se incluyen en el Mapa Estratégico de ruido. En concreto, en las siguientes secciones se presenta una breve introducción relativa a estas infraestructuras, en la que se muestran sus características más destacadas. La Figura 9 muestra la localización de las principales vías de tráfico rodado, tráfico ferroviario, así como la localización del aeropuerto.

Debe indicarse que, a pesar de que en este apartado se mencionan otras fuentes de ruido, el Mapa Estratégico de Ruido únicamente contempla el tráfico rodado y el tráfico ferroviario, quedando excluido el tráfico aéreo (cuyo mapa estratégico es elaborado por Aena).

¹ FUENTES: INE y AYUNTAMIENTO DE PALMA DE MALLORCA

2.5.1 TRÁFICO RODADO²

La red viaria de Palma de Mallorca básicamente tiene una estructura radioconcéntrica que combina anillos de circunvalación con ejes radiales de acceso que son continuación de las carreteras de entrada a la ciudad.

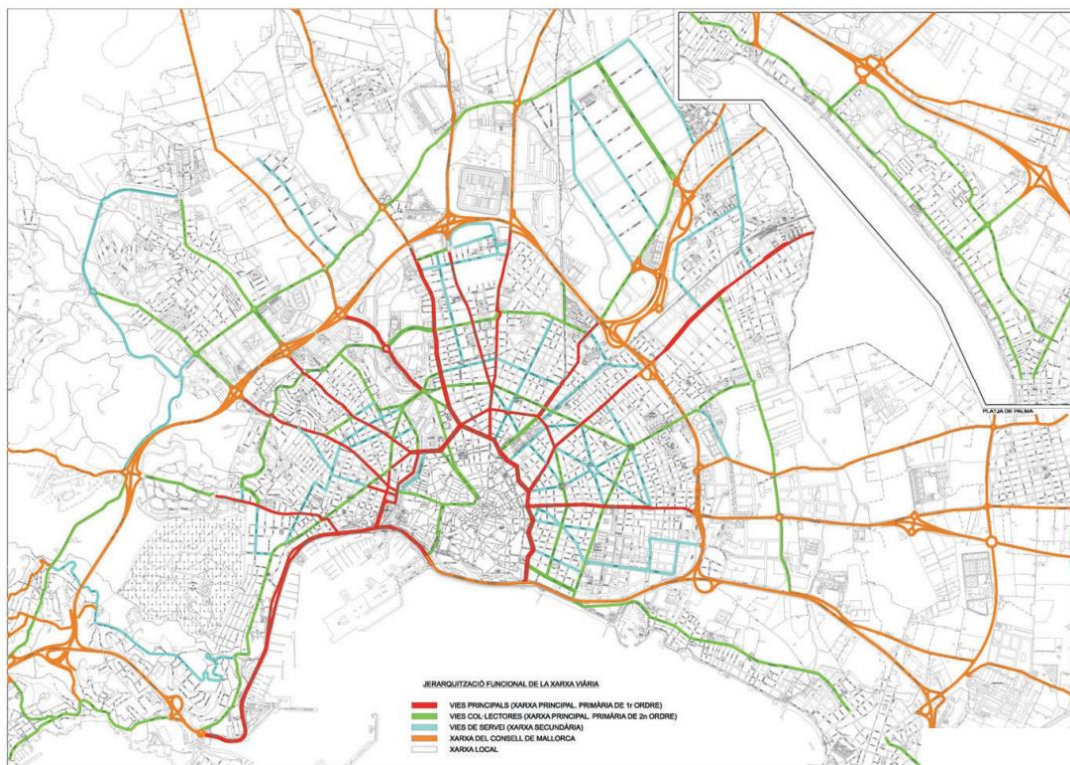


FIGURA 6 JERARQUÍA VIARIA

La principal vía de distribución del tráfico del centro de la ciudad son las Avenidas, constituyendo un primer anillo que bordea el Centro de la ciudad. Un segundo anillo lo constituye la PM-20, conocida como Vía de Cintura, que es una vía segregada de gran capacidad (3 carriles por sentido gran parte de su trazado). En la zona Oeste del Ensanche, otra vía de ronda, comprendida entre las calles Andrea Doria y Aragón actúa como vía de refuerzo para la Vía Cintura.

Entre ambas rondas debe destacarse la existencia de diversas vías urbanas que desarrollan parcialmente la función de ronda intermedia. En el lado este del Ensanche y sentido levante destaca el eje conformado por Francesc Sancho, Gabriel Maura, Nicolau de Pacs y Joan Alcover. En sentido poniente el eje está conformado por las calles Manuel Azaña, Adrian Ferrán, Josep Darder, Jaume Balmes, Ausias March, A. Torrens, Balanguer y Av. República Argentina. En la parte Oeste del Ensanche destacan algunas vías como Espartero o Joan Crespi.

Por lo que se refiere a las vías radiales, constituyen prolongaciones de las autovías y carreteras de entrada a la ciudad, transformándose en verdaderas vías urbanas en las proximidades del centro.

² FUENTE: PLAN DE MOVILIDAD. AYUNTAMIENTO DE PALMA.

2.5.2 TRÁFICO FERROVIARIO

2.5.2.1 SERVEIS FERROVIARIS DE MALLORCA³

Serveis Ferroviaris de Mallorca (SFM) se constituíó en 1994 con el objetivo de gestionar los servicios y las infraestructuras que controla como empresa pública para contribuir al crecimiento y mejora de la movilidad en la isla de Mallorca. Serveis Ferroviaris de Mallorca, gestiona de forma conjunta dos marcas:

- La red de ferrocarriles
- El Metro de Palma

La línea del metro M1 une el centro de la ciudad de Palma con la Universitat de les Illes Balears, mientras que la línea M2 une Palma con Marratxí.

Por otra parte, desde Palma salen tres líneas de tren que unen con los municipios de Inca, Sa Pobla y Manacor. Dentro del casco urbano de Palma, que corresponde con la zona de estudio, ambas líneas comparten infraestructura.



FIGURA 7 LINEAS FERROVIARIAS

En la Estación Intermodal de Palma, confluyen las líneas de tren y metro y se encuentran las líneas de autocares de servicio regular.

2.5.2.2 FERROCARRIL DE SOLLER⁴

La estación de ferrocarril de Sóller es gestionada por la compañía privada Ferrocarril de Sóller SA. La utilizan los trenes de la línea Palma de Mallorca-Bunyola-Sóller. Se caracteriza por circular con un ancho de vía estrecha, y por presentar un material móvil formado por trenes clásicos, originales de principio del siglo XX y poseen más de 100 años. El atractivo del material rodante y del trayecto que se atraviesa durante el recorrido, lo han convertido en una actividad turística, que parte del centro de Palma.

³ FUENTES: SERVEIS FERROVIARIS DE MALLORCA

⁴ FUENTES: FERROCARRIL DE SOLLER



FIGURA 8 TREN TURISTICO DE SÓLLER

2.5.3 TRÁFICO AEROPORTUARIO⁵

El aeropuerto de Palma de Mallorca, situado a 8 kilómetros de la ciudad, se localiza en uno de los extremos de la llanura central de origen sedimentario, conocida como Es Plá de Mallorca. Esta llanura situada entre las sierras de Tramontana y la de Llevant posee una altitud media inferior a los 100 metros y se caracteriza por su carácter plano con cierta inclinación hacia el mar, donde finaliza en una costa baja en la que se alternan tramos rocosos con cantiles inferiores a los seis metros, concretamente entre Coll d'en Rabassa y Can Pastilla.

En el año 2014, Son Sant Joan cerró el ejercicio con un total de 23.115.499 pasajeros, 172.628 operaciones y 11.516 toneladas de mercancías.

Queda excluido de este estudio el impacto sonoro generado por las actividades aeroportuarias, ya que estas fuentes son evaluadas de manera independiente por la entidad competente en la gestión de estas actividades.

TABLA 1 . EVOLUCIÓN DEL TRÁFICO DE PASAJEROS EN EL AEROPUERTO

Año	Pasajeros	Año	Pasajeros
2005	21.240.736	2010	21.117.417
2006	22.408.427	2011	22.726.707
2007	23.228.879	2012	22.666.858
2008	22.832.857	2013	22.768.032
2009	21.203.041	2014	23.115.499

2.5.4 ACTIVIDAD PORTUARIA⁶

El puerto de Palma está gestionado por la Autoridad Portuaria de Baleares y está situado en el medio de la ciudad, justo delante del casco antiguo, separado de este por el Paseo Marítimo que lo bordea de una punta a otra.

Se divide en cuatro zonas bien diferenciadas: los muelles comerciales, muelles de Poniente, las dársenas deportivas y el dique del Oeste. Dispone de unos servicios que,

⁵ FUENTES: AENA AEROPUERTOS

⁶ FUENTE: AUTORITAT PORTUARIA DE BALEARS

aun habiendo hecho frente a limitaciones de espacio, han posibilitado la consolidación del puerto como uno de los más importantes de todo el Mediterráneo en relación al tráfico de cruceros.

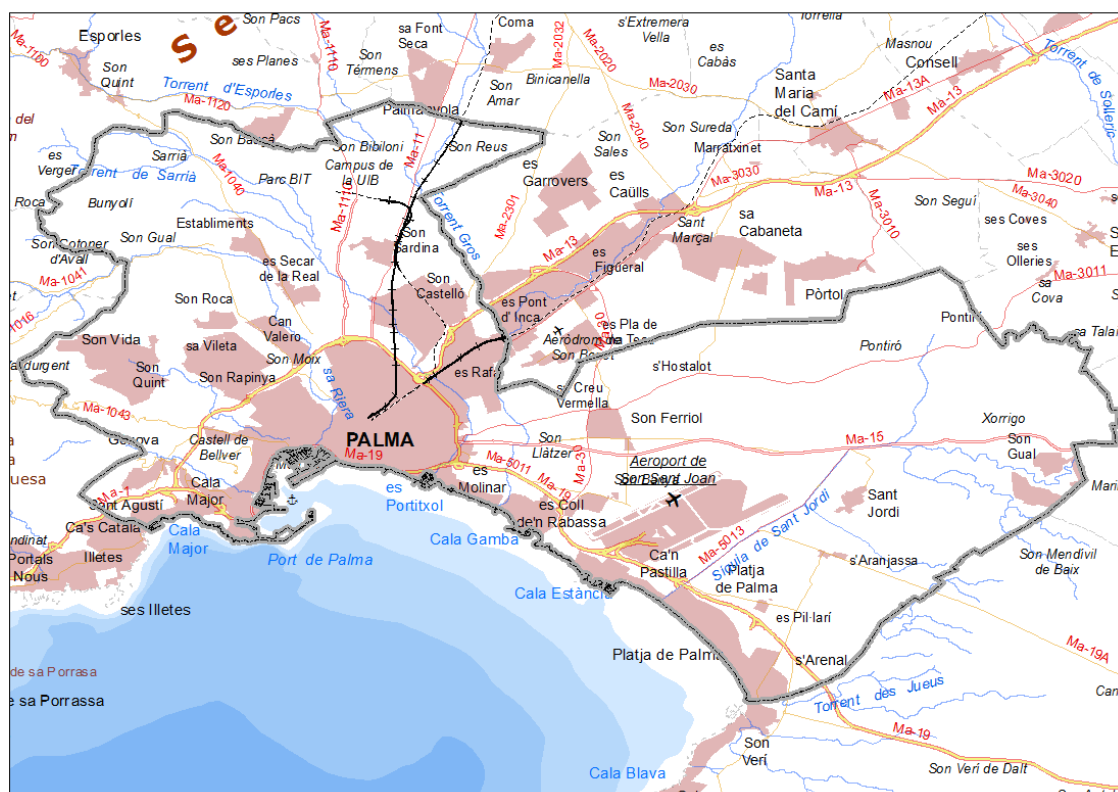


FIGURA 9 PRINCIPALES INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE

3 AUTORIDAD RESPONSABLE

El Ayuntamiento de Palma, con personalidad jurídica propia y plena capacidad para el cumplimiento de sus fines, es la autoridad responsable de la elaboración, revisión e información pública del Mapa Estratégico de Palma.

4 LUCHA CONTRA EL RUIDO EN PALMA

En este apartado se realiza una breve descripción de las principales acciones y proyectos que el Ayuntamiento ha emprendido con el objetivo de reducir la contaminación acústica del municipio.

NORMATIVA MUNICIPAL

1995 *Ordenanza municipal para la Protección del Medio Ambiente contra la Contaminación por Ruidos y Vibraciones del 29 de Julio de 1995*, cuyo objetivo era prevenir, vigilar y corregir la contaminación acústica del medio ambiente ocasionada por ruidos y vibraciones imputables a cualquier causa.

2001 *Ordenanza municipal de circulación del 14 de Junio de 2001*, siendo uno de los objetivos de esta Ordenanza compatibilizar las necesidades de los usuarios, el respeto al medio ambiente y entorno urbanístico. La ordenanza contemplaba la posibilidad de ejecutar actuaciones policiales de carácter preventivo ante emisiones contaminantes, por ruidos, vibraciones. También contemplaba la posibilidad de realizar medidas especiales de ordenación del tráfico en función de la contaminación acústica.

Dentro de las actuaciones contempladas en esta Ordenanza, en lo que se refiere a la lucha contra el ruido y la contaminación acústica, destacaban las siguientes medidas:

- Áreas de circulación restringida (ACIRE)
- Zonas de estacionamiento regulado
- Zonas peatonales

2014 *Ordenanza municipal reguladora de ruido y vibraciones del 9 de Enero de 2014*. Actualizando y mejorando algunos de los aspectos ya contemplados en la legislación anterior, tiene por objeto, dentro de las competencias del Ayuntamiento de Palma de Mallorca, regular las medidas y los instrumentos necesarios para prevenir y corregir la contaminación acústica en el término municipal, a fin de evitar y reducir los daños que pueda ocasionar a las personas, los bienes o el medio ambiente.

Esta nueva Ordenanza concreta los instrumentos jurídicos y técnicos necesarios para dar una respuesta adecuada a las inquietudes de los ciudadanos respecto a la contaminación acústica, mejorando su calidad de vida, en un proceso de concienciación ambiental creciente. El espíritu final de esta nueva ordenanza es la prevención en la generación del ruido ambiental y al mismo tiempo, lograr la estandarización de las formas de medición y así obtener unos resultados equiparables con los de cualquier otra ciudad española o europea.

La Ordenanza también realiza mención explícita de los vehículos a motor, su correcto mantenimiento, y las conductas incívicas asociadas a su uso.

OTRAS ACTUACIONES

2008 *Mapa Estratégico de Ruido, correspondiente a la primera fase.* Cumpliendo con los requisitos derivados de la Directiva 2002/49 y de la Ley 37 del Ruido, el mapa permitió efectuar una primera diagnosis del ruido existente en la ciudad y apuntaba la necesidad de planificar y ejecutar actuaciones en zonas completas de la ciudad. En la memoria de dicho Mapa, se apuntaba la necesidad de actualizar la legislación municipal en materia de contaminación acústica.

2014 *Proyecto CIVITAS DIN@MO.* El municipio es miembro de este proyecto europeo por el que se desarrolla el Plan de Movilidad Urbana sostenible (PMUS). De manera directa, e indirecta, el proyecto contempla múltiples actuaciones que redundarán en la reducción de los niveles sonoros producidos por el ruido de tráfico en la ciudad. Algunas de estas actuaciones son:

- Fomento del coche eléctrico
- Renovación de flotas de servicios municipales
- Electrificación de líneas ferroviarias
- Creación de nuevas zonas de circulación restringida
- Reducción efectiva, y control de los límites de velocidad
- Fomento de la movilidad a pie y en bicicleta
- Mejora efectiva del transporte público

5 EJECUCIÓN DEL MAPA DE RUIDO

Debido a las dificultades y costes derivados de la ejecución de mapas estratégicos de ruido mediante la ejecución de mediciones acústicas, y siguiendo las tendencias internacionales para la elaboración de mapas estratégicos de ruido, se ha optado por la utilización de un modelo informático para la determinación de los niveles sonoros existentes.

Un modelo acústico consiste en una representación digital en tres dimensiones de aquellos aspectos del mundo real que son relevantes en lo que respecta a la emisión, propagación y recepción del sonido en el medio exterior. Una vez incluidos en el modelo estos elementos, se aplican algoritmos de cálculo que permiten predecir la propagación del sonido.

De entre los diferentes métodos de cálculo existentes para la ejecución de las simulaciones, se emplearon aquellos que se recoge como recomendados en la legislación aplicable:

- **Ruido de tráfico rodado:** método francés, NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC-CSTB), mencionado en el “Arreté du mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal officiel du 10 mai 1995, article 6” y en la norma francesa “XPS 31-133”.
- **Ruido de ferrocarril:** El método nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado como «Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï'96» («Guías para el cálculo y medida del ruido del transporte ferroviario 1996»), por el Ministerio de Vivienda, Planificación Territorial, 20 de noviembre 1996.

Para la ejecución de las simulaciones, se decidió emplear el software comercial CadnaA desarrollado por Datakustik, que permite implementar ambos métodos y ejecutar todos los procesos relacionados con la elaboración de los mapas estratégicos de ruido.

5.1 ELABORACIÓN DE LOS MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO

Para crear un modelo acústico, es necesario conocer y describir adecuadamente los principales elementos que intervienen en la generación y propagación del sonido.

Para poder incorporar todos los elementos, la información debe estructurarse adecuadamente, en forma de capas de información geográfica. Cada uno de los distintos elementos, o capas, que intervienen en la generación del modelo deben contener la información mínima imprescindible, de manera que no se comprometa la exactitud de los resultados, a la vez que se minimizan los costes computacionales.

El manejo y optimización de estas capas de información, se ha gestionado mediante herramientas GIS.

5.1.1 ÁMBITO DE SIMULACIÓN

Una vez determinada el área de estudio por el Ayuntamiento de Palma, como se recoge en la Figura 3, es necesario obtener la información relativa a las fuentes de ruido y los elementos que determinan la propagación del sonido dentro de dicho ámbito. Además, con el objetivo de diagnosticar de forma adecuada los niveles sonoros existentes en las áreas más próximas a los límites de dicho ámbito, el modelo acústico generado debe recrear elementos que se hallan más allá de sus límites. Por este motivo, el modelo de simulación abarca un ámbito ampliado en 200 m sobre el área de interés definida por el Ayuntamiento.

5.1.2 EL TERRENO

El modelo digital del terreno necesario para implementar el modelo acústico quedó definido a partir de la información suministrada por el **Departamento de Cartografía del Instituto Municipal de Innovación (IMI)** de Palma de Mallorca, que constaba de los siguientes elementos:

- Líneas de nivel fuera del casco urbano
- Puntos de cota en el interior del casco urbano
- Información tridimensional de viario y aceras

A partir de estos elementos se compuso un modelo tridimensional del terreno.

5.1.3 EDIFICIOS

Además de los edificios correspondientes a viviendas, se incluyeron en este apartado los edificios públicos, los lugares de culto, los depósitos y otros obstáculos como construcciones monumentales, plaza de toros, estadios y otras instalaciones deportivas. La inclusión o exclusión de cada obstáculo acústico se realizó de manera pormenorizada barrio a barrio, atendiendo a criterios técnicos.

El modelo acústico incorpora información relativa a la disposición de más de 70.000 edificaciones, así como la altura relativa de cada uno de ellas.

5.1.4 PANTALLAS ACÚSTICAS

Además de los edificios, pueden existir otro tipo de obstáculos que atenúan el sonido a lo largo de su camino de propagación. Es el caso de las pantallas acústicas. Las pantallas acústicas son simuladas mediante elementos lineales ubicados sobre el terreno, siendo los parámetros que determinan su comportamiento el trazado, la altura y la absorción sonora.

5.1.5 CALLES Y CARRETERAS

A partir del modelo de simulación de tráfico existente en el municipio, calibrado en diciembre de 2014, el Departamento de Movilidad del Ayuntamiento proporcionó los datos necesarios para la simulación del ruido de tráfico rodado.

El modelo acústico contempla los ejes viarios más relevantes de la ciudad. Cada tramo de calle lleva asociada la siguiente información, necesaria para la definición de las emisiones acústicas producidas:

- Trazado del tramo, y sentido de circulación.
- Intensidad de tráfico (vehículos/hora).
- Velocidad de los vehículos (kilómetros/hora).
- Porcentaje de vehículos pesados(%).

Dicha información debe estar disponible para cada uno de los períodos de estudio, día (07 a 19 h), tarde (19 a 23 h) y noche (23 a 07), y debe ser representativa del tráfico promedio anual.

Las arterias principales del municipio, las vías de mayor amplitud, y aquellas vías con calzadas separadas, han sido simuladas mediante una fuente de ruido lineal por cada uno de los carriles, mientras que el resto de calles se han modelado mediante un eje central.

5.1.6 TRÁFICO FERROVIARIO

La descripción de los tramos de vía se ha realizado basándose en información cartográfica disponible y las fotografías existentes, así como la información obtenida de los correspondientes gestores de cada infraestructura ferroviaria.

Se han definido las líneas de tren mediante los siguientes parámetros:

- Trazado y longitud de la vía.
- Tipo de vía en función del balasto y las traviesas, del número de juntas y cruces.
- Velocidad media de los trenes que circulan por la vía, en cada tramo.
- Número de trenes en cada horario.

5.1.7 POBLACIÓN

El Servicio de Población del Ayuntamiento facilitó información referente al número de habitantes, en función de las referencias catastrales. De los 425.726 habitantes de Palma, 413.350 residen en el interior del ámbito de estudio.

Mediante herramientas GIS se realizó la asignación de la población desde las referencias catastrales a los edificios existentes, en función de la altura y superficie de los mismos (siguiendo indicaciones de la GPG).

5.1.8 CÁLCULOS DE NIVEL SONORO

Mediante un software comercial (CadnaA, en este caso) se efectúan los cálculos de los niveles sonoros conforme a los modelos de cálculo ya mencionados.

Para obtener los mapas sonoros, se ha establecido una rejilla rectangular de 10x10m. Los niveles sonoros son calculados a una altura de 4 metros sobre el suelo. Una vez calculados los niveles existentes en todos los receptores de esta rejilla, se efectúa una interpolación espacial que permite representar el nivel sonoro en todo el territorio, mediante mapas de contornos.

El cálculo de la población expuesta al ruido, se realiza de manera diferente. En este caso los receptores se sitúan alrededor de cada uno de los edificios, y se excluye de los cálculos la reflexión del sonido en el propio edificio que se está evaluando. A cada edificio se le asigna el nivel correspondiente al mayor de los existentes en su fachada. De esta manera, cada edificio tiene asignado el nivel sonoro para cada uno de los indicadores, así como el número de residentes, lo que permite generalizar los cálculos de población expuesta dentro de cada rango de nivel sonoro.

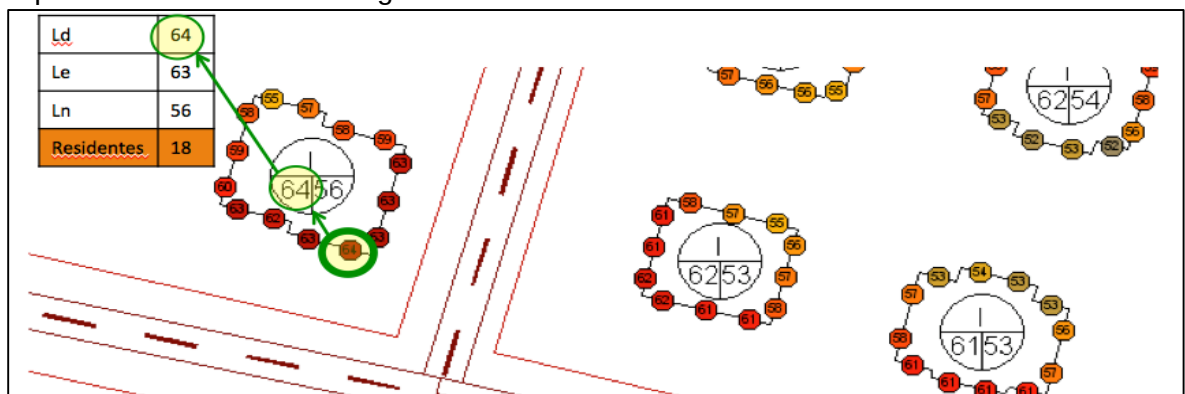


FIGURA 10 CÁLCULO DE POBLACIÓN EXPUESTA AL RUIDO

5.1.9 CONDICIONES AMBIENTALES

Dados los valores medios existentes en la ciudad, se seleccionaron como valores de referencia los recomendados por norma francesa NMPB-Routes-96, temperatura 15°C y una humedad relativa 70%, muy similares a los datos existentes en Palma de Mallorca.

TABLA 2. - CONDICIONES METEOROLÓGICAS⁷

	Media anual	Media máxima anual	Media mínima anual
Temperatura	16,5 °C	22,4 °C	10,6 °C
Humedad Relativa	72 %	79 %	62 %

⁷ FUENTES: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA

6 DIAGNÓSIS

6.1 INDICADORES

En lo que se refiere a la elaboración de Mapas Estratégicos de Ruido, la directiva 2002/49 del ruido establece que deben utilizarse los indicadores L_n y L_{den} . Además de estos indicadores, se mencionan los indicadores L_d y L_e .

Estos mismos cuatro indicadores son a los que se refiere el Real Decreto 1513/2005, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Los indicadores L_d , L_e y L_n se basan en el indicador nivel sonoro continuo equivalente, tal y como lo define la norma internacional ISO 1996. Cada uno de ellos emplea un período de referencia (día, tarde y noche, respectivamente), que permite estandarizar la determinación del nivel sonoro continuo equivalente.

- L_d es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos día (07 a 19 h) de un año.
- L_e es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos tarde (19 a 23 h) de un año.
- L_n es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos noche (23 a 07 h) de un año.

Por su parte, el L_{den} es un indicador definido para evaluar conjuntamente los tres períodos, incluyendo una ponderación derivada de la mayor molestia que produce el ruido en los períodos de tarde y noche.

- El índice de ruido día-tarde-noche, L_{den} , se expresa en decibelios (dB), y se determina mediante la expresión siguiente:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \left[\left(12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} \right) + \left(4 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} \right) + \left(8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right]$$

Los resultados que muestra un mapa de ruido describen, mediante una foto fija, la situación acústica del municipio a lo largo del último año, y por lo tanto, no permite analizar con detalle las fluctuaciones del nivel sonoro a lo largo de ese año. Esto puede tener una especial relevancia en aglomeraciones como Palma, con una actividad turística muy relevante y un alto grado de estacionalidad. Es necesario aclarar estos términos, ya que los niveles sonoros que se presentan no son representativos de la temporada estival, o la invernal (siendo previsible que existan grandes diferencias entre ellas), sino que lo son de la totalidad del año, lo que permite abordar los objetivos estratégicos del mapa.

6.2 MAPAS DE NIVELES SONOROS

Los mapas de niveles sonoros facilitan el análisis espacial de los resultados. De forma gráfica, permiten identificar de una rápida e intuitivamente aquellas zonas del territorio que destacan por sus elevados niveles. De esta manera resulta factible identificar puntos calientes, y establecer criterios para la priorización de los planes de acción.

En el caso de las aglomeraciones, los mapas que deben elaborarse son los siguientes:

	Ld	Le	Ln	Lden
Tráfico viario	X	X	X	X
Tráfico ferroviario	X	X	X	X
Tráfico aéreo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Industrial	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Total	X	X	X	X

Dichos mapas debe especificar la distribución espacial de los niveles sonoros, y deben incluir información referente al número de personas expuestas al ruido.

Tanto en lo relacionado con el análisis de datos por parte de técnicos, como en lo que tiene que ver con la comunicación a la ciudadanía, es necesario encontrar un balance entre la precisión que ofrecen las herramientas de cálculo, y la simplicidad de las representaciones. Es por esto que la representación de los mapas se realiza en intervalos de 5 dB, empleando una escala de colores estandarizada que permita comparar diferentes mapas de ruido realizados en diferentes aglomeraciones o infraestructuras del transporte.

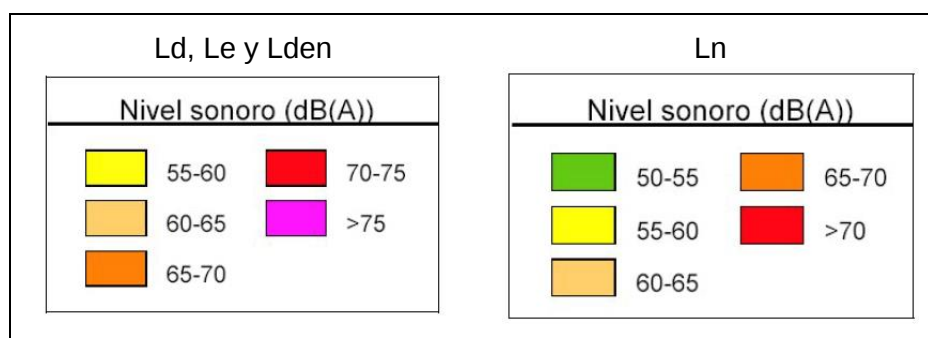


FIGURA 11 ESCALA DE COLORES EN LOS MAPAS DE NIVELES SONOROS

6.3 ANÁLISIS DE LOS MAPAS DE RUIDO

En este apartado se expone los principales resultados del análisis efectuado a los mapas sonoros que han sido elaborados, con el objetivo de sentar las bases que podrán ser concretadas en un Plan de Acción para la reducción de los niveles sonoros en la ciudad.

En primer lugar cabe destacar que el ruido de tráfico predomina en el interior de la ciudad frente al resto de fuentes de ruido. La intensidad del tráfico y su distribución por la práctica totalidad del casco urbano de Palma, sitúan esta fuente como predominante, en lo que se refiere a los niveles sonoros existentes, así como en lo que se refiere al número de personas expuestas al ruido.

6.3.1 RUIDO FERROVIARIO

El ruido producido por la actividad ferroviaria en Palma es marginal, quedando limitado prácticamente a las fachadas que tienen visión directa de la infraestructura ferroviaria. Esto se debe, por una parte, a que las principales líneas de transporte público discurren soterradas en gran parte de su recorrido a lo largo del casco urbano. Por otra parte, el empleo de material móvil eléctrico y renovado provoca que los niveles sonoros generados sean relativamente bajos.

En lo que se refiere a la población expuesta, los cálculos efectuados indican que esta fuente de ruido sólo produce afección en los períodos día y tarde, existiendo edificios

cuya afección, en términos de L_{den} , está en el rango comprendido entre 55 y 60 dBA. El número tal de residentes de dichos edificios se sitúa aproximadamente en las 4 centenas.

6.3.2 RUIDO DEL TRÁFICO RODADO

VÍA CINTURA Y EXTRARRADIO

Como ya se ha comentado, el nivel sonoro que genera en la Ciudad es el produce el tráfico rodado. El análisis de los resultados mostrados en la Figura 12 refleja de forma clara la relación existente entre las principales infraestructuras del tráfico y los niveles sonoros. Los niveles sonoros más elevados se producen en las áreas afectadas por la Vía Cintura (Ma-20), la Autopista Palma-La Puebla (Ma-13), la Autopista de Poniente (Ma-1) y la Autopista de Levante (Ma-19). La gran capacidad de estas vías, junto con la mayor velocidad de los vehículos que circulan por ellas, originan niveles sonoros por encima de los 75 dBA, que además, se extiende en una franja de terreno amplia en paralelo a ellas.

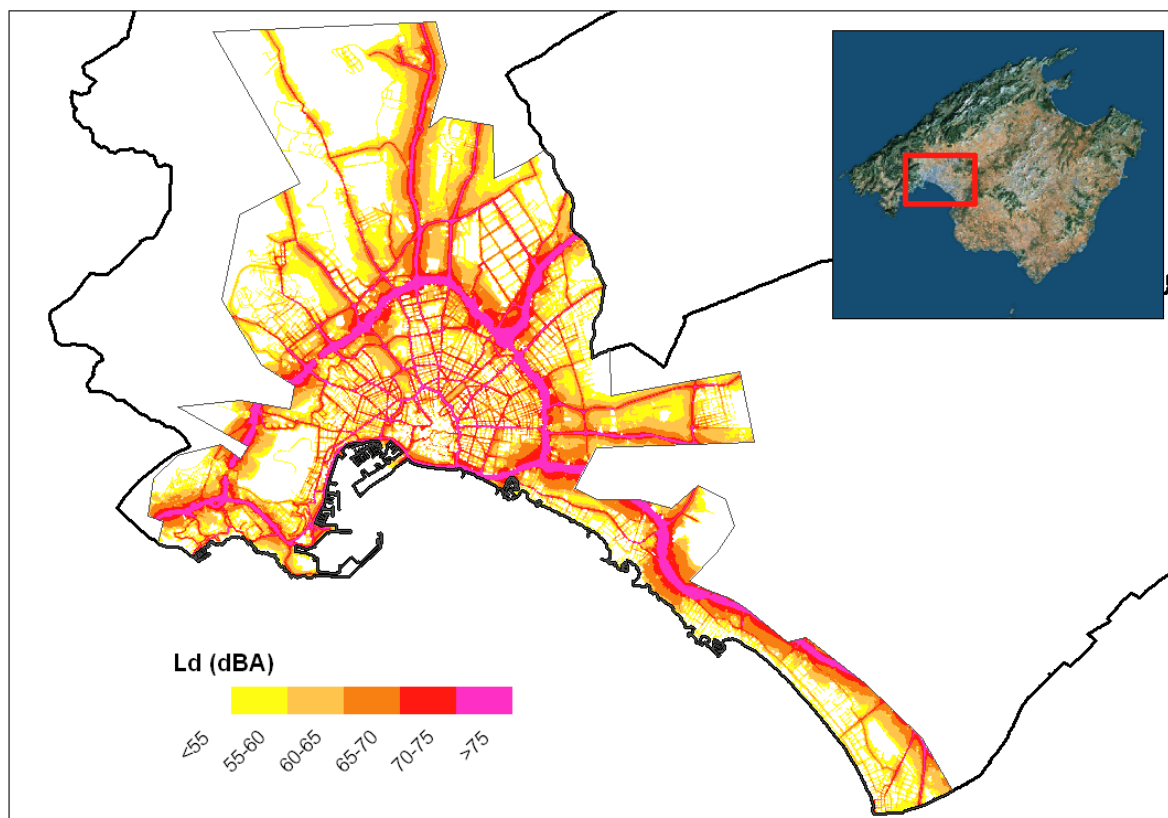


FIGURA 12 NIVEL SONORO – PERÍODO DÍA

Respecto a la Vía Cintura, cabe destacar algunas zonas especialmente relevantes, debido a los niveles existentes y al predominio del uso residencial de los edificios:

- Proximidades de la conexión de la Vía Cintura con la Ma-13.
- Proximidades estadio de fútbol Iberostar Stadi.
- Proximidades al estadio Balear.

En la Autopista de Levante, cabe destacar una zona residencial próxima a la conexión de la Vía Cintura, en las proximidades de la calle Medellín.

Respecto a la Autopista de Poniente, destaca una zona residencial en las proximidades del Hospital San Telmo.

La Ma-13, dentro del término municipal de Palma, transita por suelo básicamente no residencial, siendo la zona de mayor afección la ya cercana al límite del municipio.

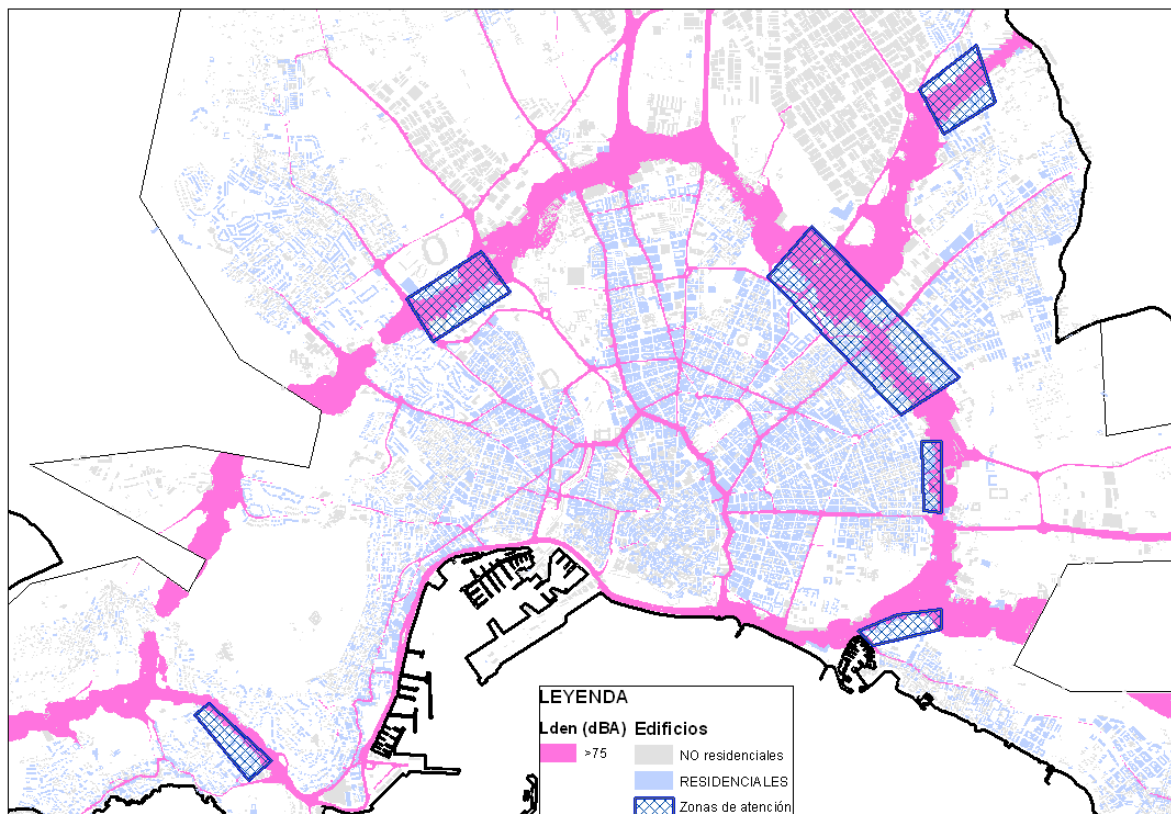


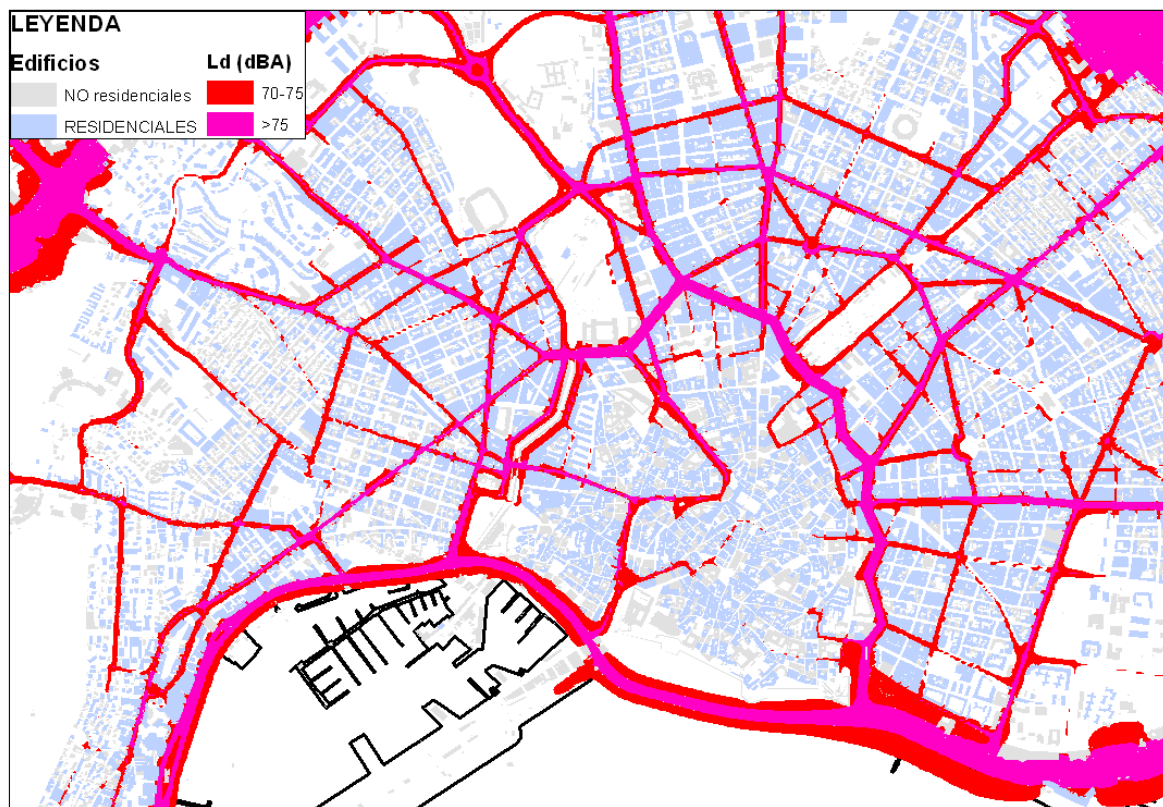
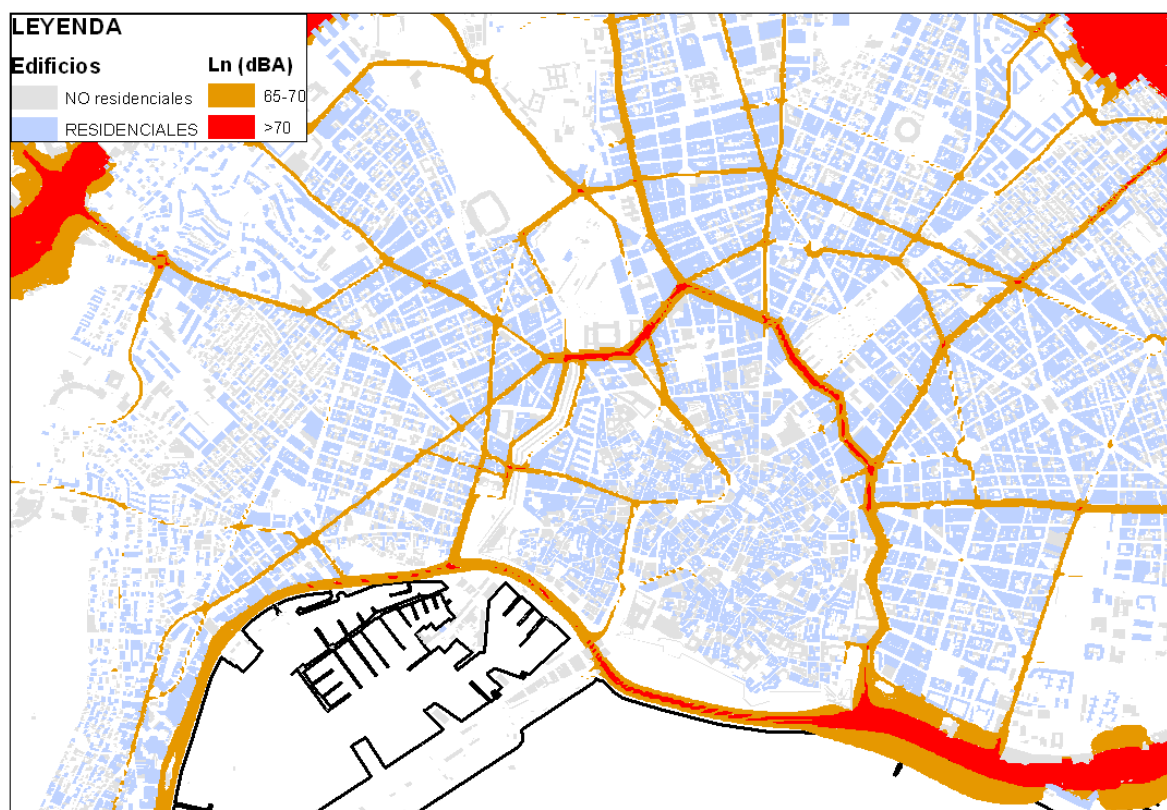
FIGURA 13 NIVEL SONORO $L_{DEN} > 75$ DBA

Alejados del casco urbano, existen núcleos de población importantes en Can Pastilla, Les Maravelles y L'Arenal, donde sólo la Autopista de Levante lleva asociados fuertes niveles sonoros. Sin embargo, los márgenes existentes a los lados de esta vía son motivo de la atenuación del sonido por la distancia, y en consecuencia minimizan la afección de la vía.

CENTRO DE LA CIUDAD Y ENSANCHE

En lo que se refiere al interior del casco urbano, como podemos comprobar en las Figura 14 y Figura 15, son las grandes arterias las que concentran el mayor número de vehículos, y por lo tanto en las que las emisiones acústicas son más elevadas, presentando niveles sonoros que superan los 70 dBA en los períodos día y tarde, y los 65 dBA durante el período nocturno.

Al estar flanqueadas por edificios, el nivel sonoro queda muy limitado por estos, y por lo tanto, sólo en las zonas abiertas el nivel sonoro alcanza una mayor extensión.


FIGURA 14 NIVEL SONORO $L_d > 70$ DBA

FIGURA 15 NIVEL SONORO $L_n > 65$ DBA

6.4 POBLACIÓN EXPUESTA AL RUIDO

En este apartado se presenta la información correspondiente al número de personas que está expuesta al ruido en la Ciudad. A partir del análisis de los niveles sonoros en las fachadas de los edificios, y de los datos referentes al número de residentes en cada edificio, se ha calculado el número de personas expuestas al ruido, para los diferentes indicadores y rangos que requiere la normativa.

En primer lugar debe destacarse que el número de personas expuesta al ruido, según figura en las tablas, es bastante elevado, ya que, el 60% de la población que se incluye en el ámbito de estudio (413.350 habitantes) está expuesta, en sus viviendas a niveles superiores a los 55 dBA durante el período nocturno (Ln), y más de la mitad de estas personas residen en viviendas expuestas a niveles superiores a los 60 dBA, para ese mismo período.

En lo que se refiere a los períodos de mañana (Ld) y tarde (Le), aproximadamente la mitad de los habitantes incluidos en el ámbito de estudio residen en viviendas expuestas a niveles superiores a 65 dBA.

Una de las causas fundamentales se debe a la morfología urbana de Palma. La mayor parte de la población se encuentra concentrada en el interior de la Vía Cintura. En general, en esta zona, la concentración de edificios es muy elevada, y los edificios a ambos lados de la calzada se encuentran situados muy próximos a esta, con muy pocas zonas abiertas. Esto provoca que los niveles producidos por el tráfico no se atenúen antes de incidir en los edificios. Además, dada la distribución del tráfico en esta zona, el efecto pantalla que produce la primera línea de edificios, queda parcialmente enmascarado por los niveles sonoros emitidos en las calles laterales o traseras, que también asumen una intensidad de tráfico importante.

En las zonas en las que la densidad de edificaciones es menor, especialmente fuera de la Vía Cintura, el tráfico queda más concentrado en vías principales, y por este motivo, sólo los edificios situados en primera línea se ven expuestos a niveles sonoros importantes, reduciéndose el nivel sonoro incidente en el resto de edificios.

TABLA 3. POBLACIÓN EXPUESTA AL RUIDO DE TRÁFICO RODADO

Día (07 – 19 h)			Tarde (19 – 23 h)			Noche (23 – 07 h)		
Ld (dBA)	Población expuesta		Le (dBA)	Población expuesta		Ln (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%		x100 hab.	%		x100 hab.	%
< 55	366	9	< 55	665	16	<50	948	23
55 – 60	693	17	55 – 60	638	15	50-55	715	17
60 – 65	781	19	60 – 65	853	21	55-60	970	24
65 – 70	1047	25	65 – 70	1103	27	60-65	1128	27
70 – 75	1071	26	70 – 75	773	19	65-70	294	7
> 75	175	4	> 75	101	2	>70	78	2

Completo (0 – 24 h)		
Lden (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%
< 55	302	7
55 – 60	619	15
60 – 65	721	17
65 – 70	1001	24
70 – 75	1137	28
> 75	354	9

TABLA 4. POBLACIÓN EXPUESTA AL RUIDO DE TRÁFICO FERROVIARIO

Día (07 – 19 h)			Tarde (19 – 23 h)			Noche (23 – 07 h)		
Ld (dBA)	Población expuesta		Le (dBA)	Población expuesta		Ln (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%		x100 hab.	%		x100 hab.	%
< 55	4131	100	< 55	4132	100	<50	4133	100
55 – 60	3	0	55 – 60	2	0	50-55	0	0
60 – 65	0	0	60 – 65	0	0	55-60	0	0
65 – 70	0	0	65 – 70	0	0	60-65	0	0
70 – 75	0	0	70 – 75	0	0	65-70	0	0
> 75	0	0	> 75	0	0	>70	0	0

Completo (0 – 24 h)		
Lden (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab	%
< 55	4130	100
55 – 60	4	0
60 – 65	0	0
65 – 70	0	0
70 – 75	0	0
> 75	0	0

TABLA 5. POBLACIÓN EXPUESTA AL RUIDO TOTAL

Día (07 – 19 h)			Tarde (19 – 23 h)			Noche (23 – 07 h)		
Ld (dBA)	Población expuesta		Le (dBA)	Población expuesta		Ln (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%		x100 hab.	%		x100 hab.	%
< 55	362	9	< 55	660	16	<50	947	23
55 – 60	695	17	55 – 60	642	15	50-55	716	17
60 – 65	783	19	60 – 65	854	21	55-60	970	24
65 – 70	1047	25	65 – 70	1103	27	60-65	1128	27
70 – 75	1071	26	70 – 75	773	19	65-70	294	7
> 75	175	4	> 75	101	2	>70	78	2

Completo (0 – 24 h)		
Lden (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%
< 55	300	7
55 – 60	619	15
60 – 65	722	17
65 – 70	1001	24
70 – 75	1137	28
> 75	354	9

En la siguiente figura, se muestra el número de personas expuesta a niveles sonoros $L_{den}>65$ dBA en cada una de las secciones de la ciudad.

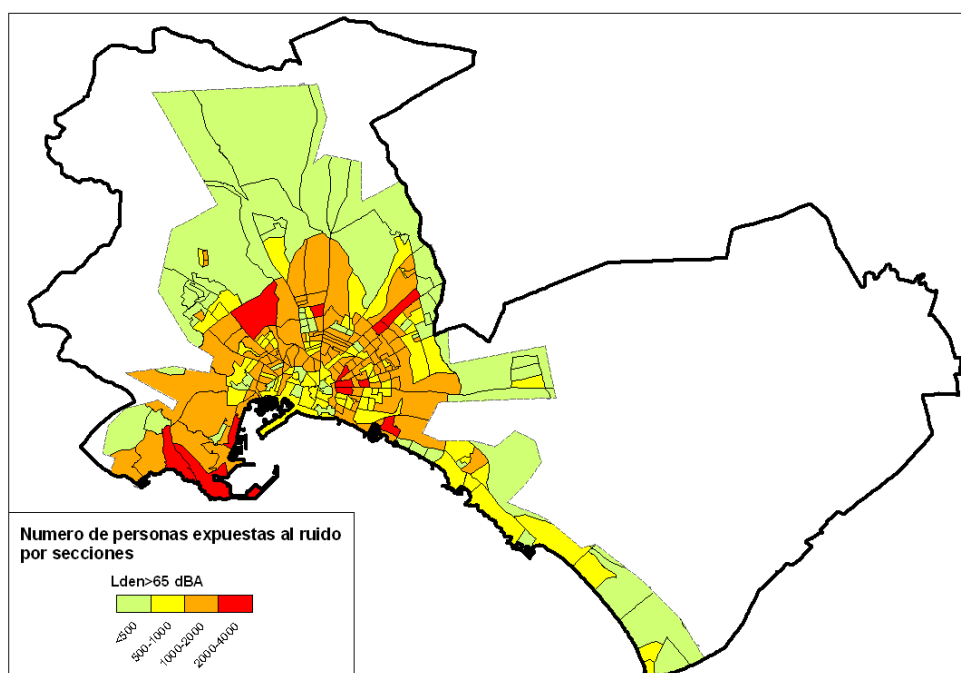


FIGURA 16 NÚMERO DE PERSONAS EXPUESTAS AL RUIDO, POR SECCIONES

6.5 CENTROS SENSIBLES A LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

En este apartado se muestra información específica, relativa a los recintos hospitalarios y educativos. Se hace mención expresa de estos recintos porque en ellos se llevan a cabo actividades especialmente sensibles al ruido

6.5.1 HOSPITALES

La Tabla 6 muestra los niveles sonoros incidentes en la fachada más expuesta de los distintos hospitales.

TABLA 6. CENTROS HOSPITALARIOS EN PALMA

Denominación	Ld (dBA)	Le (dBA)	Ln (dBA)	Lden (dBA)
SON LLÀTZER	61,5	60,5	54,1	63,3
UNIVERSITARI SON ESPASES	68,6	67,3	60,4	70,0
GENERAL	64,4	62,2	54,3	65,0
VIRGEN DE LA SALUD	61,2	59,1	51,4	61,9
PSIQUIÀTRIC	64,9	63,3	56,2	66,1
POLICLÍNICA MIRAMAR	78,6	78,8	73,5	81,7
QUIRÓN PALMAPLANAS	68,2	67,0	61,6	69,8
ROTGER	71,8	70,0	62,6	72,7
JUANEDA	70,8	69,1	61,7	71,8
SANT JOAN DE DÉU	65,8	67,6	63,5	70,9
CRUZ ROJA ESPAÑOLA	72,8	71,1	63,7	73,8

Los niveles sonoros incidentes en estos edificios superan claramente los objetivos de calidad acústica que se establecen para estos usos. Al tratarse de usos predominantemente interiores, un adecuado aislamiento acústico de fachadas y cubiertas puede mitigar el efecto del ruido en el interior de los recintos.

6.5.2 CENTROS EDUCATIVOS

La Figura 17 muestra la distribución estadística de los niveles sonoros Ld en los centros educativos. El nivel Ld promedio de los centros educativos es 65 dBA, quedando únicamente el 45% de los centros por debajo de esta cifra. Tan sólo el 23% de los centros están expuestos a un Ld inferior a 60 dBA, valor que se establece como referencia para este tipo de uso.

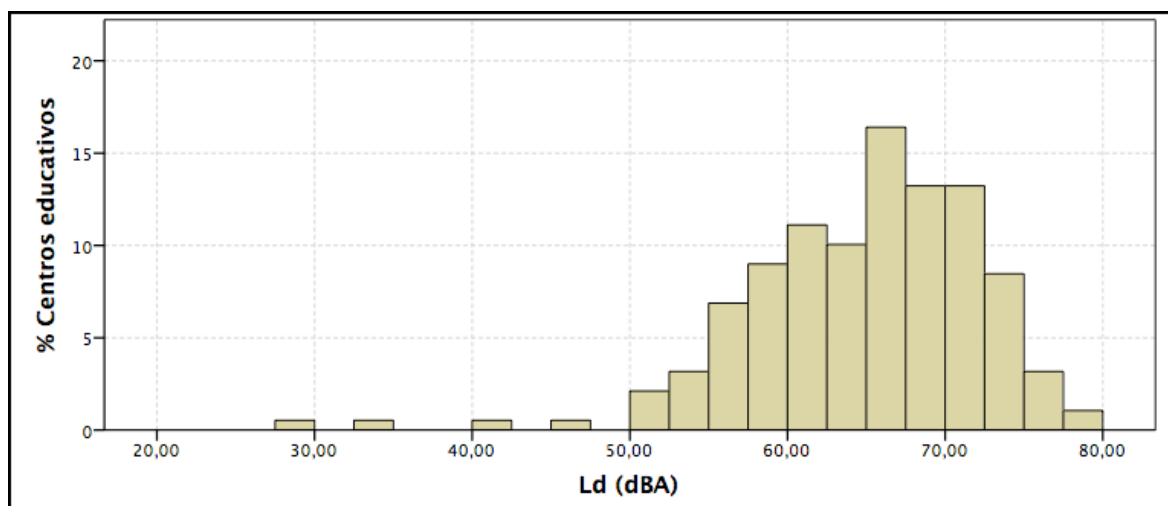


FIGURA 17 NIVEL SONORO LD EN CENTROS EDUCATIVOS

En este caso, el nivel sonoro durante el período nocturno tiene una menor repercusión, al tratarse de recintos que, en términos generales, carecen de actividad en este período.

7 CONCLUSIONES

- El tráfico rodado es la principal fuente de ruido en lo referente al número de personas y a la extensión del terreno afectado, ya que las emisiones acústicas se extienden por la práctica totalidad del municipio.
- Los niveles sonoros más elevados se sitúan en las proximidades de las grandes vías rápidas, siendo la Vía Cintura la que presenta una mayor extensión dentro del ámbito de estudio y junto a la que existe una mayor concentración de núcleos residenciales. El resto de carreteras radiales, están, en general, más alejadas de núcleos urbanos, por lo que afectan a la población en menor medida.
- En el interior de la Vía Cintura, la red viaria es muy tupida. En ella destacan las grandes avenidas, que concentran un mayor volumen de tráfico, y por lo tanto unos niveles sonoros que superan los 70 dBA en el período de día, y los 65 dBA en el de noche.
- Dada la estacionalidad de la actividad en la ciudad (que no queda reflejada en un mapa estratégico de ruido), es perfectamente factible que la diagnosis promedio anual que se realiza, esté marcada de manera fundamental por aquellos períodos del año en que se registra una mayor actividad viaria, siendo a estos períodos a los que deben priorizarse las actuaciones definidas en el Plan de Acción.
- El ruido ferroviario es residual en Palma, quedando restringido, prácticamente, a la fachada más expuesta a esta fuente. Las acciones ejecutadas en lo referente a soterramientos y actualización del material rodante, ha permitido reducir los niveles sonoros que provoca esta fuente. Durante el período nocturno, varias de las líneas ferroviarias permanecen cerradas, por lo que la afección producida por esta fuente durante este período es mínima.
- El Ayuntamiento no ha efectuado la zonificación acústica, tal y como se contempla en el RD 1367/2007 y su posterior modificación en el RD 1038/2012. Se considera que la delimitación de áreas de zonificación acústica debe ser efectuada de manera prioritaria. Dicha delimitación permitirá asumir valores de referencia para cada una de las zonas, lo que permitirá definir o concretar las actuaciones del Plan de Acción.

- Los esfuerzos del Ayuntamiento, en sus diferentes áreas, y el alto grado de involucración del IMI y el departamento de movilidad, han permitido mejorar la calidad de los datos de entrada en lo referente a datos de población y tráfico. No obstante, es necesario continuar con el esfuerzo, ya que en algunos aspectos (p.ej. porcentaje de vehículos pesados) la calidad de los datos sigue siendo insuficiente.
- Es previsible que el nuevo método de cálculo CNOSSOS-EU y el marco metodológico asociado, sean implantados en los próximos años, de manera que es previsible que éste sea el método obligatorio para la realización de mapas estratégicos de ruido en la cuarta ronda (2022). El Ayuntamiento debe planificar con antelación los cambios que deben ser abordados ante las nuevas y mayores exigencias del nuevo método, adaptando la metodología de recogida de datos para amoldarse a él.